

Earth Simulator

# 特集：地球シミュレータ



## ■ 地球シミュレータ・システム

---

- 1.1 地球シミュレータのハードウェア
- 1.2 地球シミュレータのプログラミング環境
- 1.3 地球シミュレータのリクエスト実行システムと運用状況

## ■ 地球シミュレータの応用

---

- 2.1 大気・海洋のシミュレーション
- 2.2 全球・非静力・大気海洋結合シミュレーションコードの開発
- 2.3 固体地球
- 2.4 “仮想地球”の可視化とその表現

## ■ 運営計画および分野別利用状況

---

- 3 運営計画および分野別利用状況

# 編集にあたって

地球温暖化やエルニーニョといった地球規模の環境変動への関心は近年ますます高まり、それら現象の解明・予測が急務とされている。その鍵を握るのが、本特集で取り上げる「地球シミュレータ」である。

観測困難・実験困難な現象を解明するにはコンピュータを用いた数値シミュレーションが有用かつ不可欠であるが、地球規模の現象のシミュレーションを行うのに必要な性能と、1996年当時のスーパーコンピュータの性能の間には巨大なギャップが存在した。このギャップを埋めるべく、1,000倍の性能を持つ世界最高速のスーパーコンピュータ——地球シミュレータ（ES: Earth Simulator）が開発されたのである。5年の歳月を掛け完成したESは、当時世界最高速であった米国のスーパーコンピュータASCI Whiteの5倍近い性能を達成した<sup>1)</sup>。この事実は米国に非常に大きな衝撃を与え、米Tennessee大のJack Dongarra教授は、かつて世界初の人工衛星打ち上げをソ連のスプートニクに先んじられたことになぞらえて、ESの出現を「コンピュートニク」と呼んだ<sup>2)</sup>。

2002年3月の運用開始以後、多くの研究者がESを利用し、さまざまな有用な成果が続々と上がってきている。以下は、ESやESを利用した業績に対して国内外から贈られた賞である。

- ・TOP500
- ・Gordon Bell賞
- ・米タイム誌「2002年最高の発明品」
- ・照明普及賞
- ・日本産業技術大賞内閣総理大臣賞
- ・日経BP技術賞
- ・21世紀の偉業賞

本特集では、ESという最も優れた「道具」の解説を行うとともに、その道具を使うことによって可能となった研究を紹介することをねらいとする。以下では、各記事に先立ち、開発の経緯とシステムの概要について簡単に述べておく。

海洋科学技術センター 地球シミュレータセンター  
村井 均  
murai@jamstec.go.jp

## 開発の経緯

1995年、気候変動に関する政府間パネル（IPCC）は、「人類の活動による地球温暖化がすでに始まっており、このままでは21世紀末には平均気温が1～3.5度上昇し、海面は50m上昇する」という予測を発表した。

これに対し、翌1996年、科学技術庁（現文部科学省）の航空・電子等技術審議会地球科学技術部会は、報告書「地球変動予測の実現に向けて」において、地球変動予測研究の推進にあたっては、地球変動プロセス研究、地球観測および数値シミュレーションを三位一体として、総合的かつ計画的に研究開発を推進すべきであるとの提言を行った。

この提言に基づき、1997年、宇宙開発事業団（現宇宙航空研究開発機構）、動力炉・核燃料開発事業団（現核燃料サイクル開発機構）の共同プロジェクトとして、地球シミュレータ研究開発センターを設置し、三好甫センター長（故人）の下で地球シミュレータの開発が開始された。1999年からは、宇宙開発事業団、日本原子力研究所、海洋科学技術センターの3者が研究開発を実施した。

2000年3月に製作が開始され、2002年2月に完成、同年3月に海洋科学技術センター地球シミュレータセンターが正式に運用を開始した。





## システムの概要

ESは、計算ノード640台をクロスバネットワークで結合した分散メモリ型並列計算機システムであり、各計算ノードは、メモリを共有する8台のベクトルプロセッサ（ピーク性能8GFLOPS）から成る。システム全体のピーク性能は40TFLOPSに達する。

ESの最大の特徴は、ベクトルプロセッサと結合ネットワーク（IN: Interconnection Network）である。当時すでにスーパーコンピュータの世界で主流であったスカラプロセッサではなく、高価ではあるが性能に優れるベクトルプロセッサを採用したこと、双方向12.3GB/秒の高い性能を持つ結合ネットワークを備えることが、35.86TFLOPS（ピーク性能比87.5%、LINPACKベンチマーク）という驚異的な実効性能を支える。また、このような高い性能を持ちながら汎用の計算機であることも、ESの特徴であるといえるだろう。

## 本特集の構成

本特集は、大きく3つの章から構成される。

第1章「地球シミュレータ・システム」では、世界最高速の並列計算機であるESそのものについて述べる。ESに要求されたのはまさに前人未到の性能であり、その開発はチャレンジの連続であった。ハードウェア、ソフトウェアと運用の各面から、世界最高の性能を実現したESシステムの特徴を解説する。

第2章「地球シミュレータの応用」では、ESを使って現在進められている研究について述べる。ESを用いることで、大気・海洋、固体地球その他の分野で、従来は到底不可能であった規模のシミュレーションが可能になり、多くの新しい成果が得られている。それらの各分野について、地球シミュレータセンターの行う研究の目

標、最新の成果、計画等を解説する。

最後に、第3章「運営計画および分野別利用状況」では、ESの運営計画と「地球シミュレータ共同プロジェクト」を紹介し、本特集を総括する。

## ESの先へ

米エネルギー省は、2003年11月に、米国が今後20年間で優先するべき28項目の大型研究開発計画を発表した。その2番目にスーパーコンピュータの開発が挙げられており、ESによって世界の座を奪われたこの分野において再び優位に立つことへの米国の意気込みは相当なものであるようだ<sup>3)</sup>。一方、日本においても次世代のスーパーコンピュータの検討が始まりつつある。今後とも、日米のスーパーコンピュータ開発の動向からは目が離せそうにない。

2001年11月17日、ESの完成を目前に、地球シミュレータ研究開発センターセンター長であった三好甫氏が亡くなられた。三好氏は、ESプロジェクトにおいて構想から開発までを一貫して先導してこられた最大の功労者であった。完成したESが稼働する姿を見ずに他界されたことはさぞご無念だったことであろう。世界に冠たる日本のHPC技術を受け継いでいくことこそが、氏の遺志に沿うことになると思う。

### 参考文献

- 1) TOP500 Supercomputer Sites, <http://www.top500.org/>
- 2) Markoff, J.: Japanese Computer Is World's Fastest, as U.S. Falls Back, The New York Times, Saturday, Apr. 20 (2002).
- 3) Facilities for the Future of Science: A Twenty-year Outlook, Office of Science, U.S. Department of Energy (Nov. 2003).

(平成15年11月29日)

